

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№3(27)
2024

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Выходит 4 раза в год

ISSN 2658-4727

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И
ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНО-
ПРИБОРОСТРОЕНИИ**
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Севастополь, 2024

Главный редактор
Филипович О.В., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Заместитель главного
редактора
Балакин А.И., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Научный редактор
Бохонский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)

Редакционная коллегия
Вартанов М.В., д.т.н., проф.
(г. Москва)
Греков Н.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Доронина Ю.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Жмудь В.А., д.т.н., доц.,
(г. Новосибирск)
Краснодубец Л.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Моисеев Д.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Осипов К.Н., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Песчанский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Петрешин Д.И., д.т.н., проф.
(г. Брянск)
Прейс В.В., д.т.н., проф.
(г. Тула)
Щенятский А.В., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Заморёнов М.В., к.т.н., доц
(г. Севастополь)
Майстришин М.М., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Рапацкий Ю.Л., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

- Бохонский А.И., Майстришин М.М.** Реализация электродвигателями 7
конструируемых оптимальных управлений движением объектов
Филипович О.В. Структура информационно-управляющей системы 17
процессом селективной сборки

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Крамарь О.А., Димин М.Э., Тихонов Г.О.** Использование ортогональных 27
последовательностей для обеспечения безопасным обменом данных между
морскими робототехническими комплексами по оптическому каналу связи
Мирзоян Н.Ю., Заморёнов М.В., Заморёнов И.М. Стохастическая 36
модель оценки надежности электродвигателя с учетом диагностики износа
подшипников
Моисеев Д.В., Севрюков И.Т., Ильин В.В., Козлов В.В. Масштабные 45
эффекты при моделировании неравновесных процессов
Бохонский А.И., Варминская Н.И., Майстришин М.М. Замена 54
кососимметричной функции управления эквивалентной аналитической
Крамарь В.А., Ермаков И.А. Проектирование подводного 61
роботизированного комплекса с использованием модельно-
ориентированного подхода

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- Токарев Д.А., Кудряшов А.В., Васильев Д.М., Тихонов Г.О.** Построение 73
карты по данным с гидролокатора бокового обзора морского
роботизированного комплекса
Ляшко А.Д., Дементьев К.В. Метод коррекции времяпролетных датчиков 83
по визуальным данным в задаче позиционирования каретки с двумя
степенями свободы
Васютенко А.П., Балакина Н.А. Рычажный пневматический 95
преобразователь с двумя регулируемыми соплами

Подписной индекс научного журнала 85768 по интернет-каталогу «Пресса России».

Научный журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ производствами (технические науки);
2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды производствами (технические науки);
2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).
Учредитель и издатель: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» ул. Университетская, 33. Севастополь, 299053.

Editor-in-Chief

Filipovich O.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Deputy Editor-in-Chief

Balakin A.I., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Scientific Editor

Bokhonsky A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Editorial Board

Vartanov M.V., doctor of technical sciences, professor (Moscow)

Grekov N.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Doronina Yu.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Zhmud V.A., doctor of technical sciences, docent (Novosibirsk)

Krasnodubets L.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Moiseev D.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Obzherin Yu.E., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Osipov K.N., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Peschanskiy A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Petreshin D.I., doctor of technical sciences, professor (Bryansk)

Preis V.V., doctor of technical sciences, professor (Tula)

Schenyatsky A.V., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Zamoryonov M.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Maystrishin M.M., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Rapatsky Yu.L., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

CONTENTS

AUTOMATION AND CONTROL OF PROCESSES AND PRODUCTIONS

- Bokhonsky A.I., Maystrishin M.M.** Implementation of constructed optimal motion controls by electric motors 7
- Filipovich O.V.** Structure of information and control system for selective assembly process 17

MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

- Kramar O.A., Dimin M.E., Tikhonov G.O.** Use of orthogonal sequences to ensure secure data transmission over optical communication channel 27
- Mirzoyan N.Y., Zamoryonov M.V., Zamoryonov I.M.** Stochastic model for evaluating the reliability of an electric motor, taking into account the diagnosis of bearing wear 36
- Moiseev D.V., Sevryukov I.T., Ilyin V.V., Kozlov V.V.** Large-scale effects in modeling nonequilibrium processes 45
- Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Maystrishin M.M.** Replacing the oblique-symmetrical control function with an equivalent analytical 54
- Kramar V.A., Ermakov I.A.** Designing an underwater robotic complex using a model-oriented approach 61

MEASURING INSTRUMENTS AND METHODS

- Tokarev D.A., Kudryashov A.V., Vasiliev D.M., Tihonov G.O.** Constructing a map based on data from a side-scan sonar of a marine robotic complex 73
- Liashko A.D., Dementiev K.V.** The method for time-of-flight sensor correction based on visual data in the carriage positioning problem with two degrees of freedom 83
- Vasyutenko A.P., Balakina N.A.** Lever pneumatic transducer with two adjustable nozzles 95

Subscription index of the scientific journal is 85768 according to the Internet catalogue "Press of Russia".

The scientific journal is included in the "List of peer-reviewed scientific editions, in which the main results of dissertations for the degree of Candidate of sciences, for the degree of Doctor of sciences should be published", approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, in the following scientific specialties:

1.2.2. Mathematical modeling, numerical methods and software packages

2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnostics of materials, products, substances and the natural environment

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions

Founder and publisher: FSAEI HE «Sevastopol State University» ul. Universitetskaya, 33. Sevastopol, 299053.

© FSAEI HE «Sevastopol State University»

© Authors of the articles

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ КОНСТРУИРУЕМЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНИЙ ДВИЖЕНИЕМ ОБЪЕКТОВ

Бохонский А.И., Майстришин М.М.

IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTED OPTIMAL MOTION CONTROLS BY ELECTRIC MOTORS

Bokhonsky A.I., Maystrishin M.M.

Аннотация. Исследованы модели оптимального управления переносных поступательных и вращательных движений объектов с использованием двигателей постоянного и переменного тока. Для управления (переносного ускорения) приняты реверсионно конструируемые управления, полученные на основании решения полной обратной задачи вариационного исчисления. Обращено внимание на необходимость строгой экспериментальной проверки снижения энергоемкости в случае применения обоснованных типов переносных управлений (линейных либо угловых ускорений).

Annotation. Models of optimal control of portable translational and rotational movement of objects using direct and alternating current motors have been studied. For control (transferable acceleration), reverse-constructed controls are adopted, obtained on the basis of solving the complete inverse problem of the calculus of variations. Attention is drawn to the need for strict experimental verification of the reduction in energy intensity in the case of using reasonable types of portable controls (linear or angular accelerations).

Ключевые слова. Реверсионное конструирование управлений, энергоемкость управлений, практическая реализация, применение электродвигателей.

Keywords. Reversible control design, control energy intensity, practical implementation, application of electric motors.

Бохонский Александр Иванович, д-р. техн. наук, проф., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Майстришин Михаил Михайлович, канд. техн. наук, доц., директор колледжа, mihaile.maystrishin@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Bokhonsky Alexander Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Maystrishin Mikhail Mikhaylovich, candidate of technical sciences, associate professor, college director, mihaile.maystrishin@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОМ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ

Филипович О.В.

STRUCTURE OF INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR SELECTIVE ASSEMBLY PROCESS

Filipovich O.V.

Аннотация. Рассматривается процесс однопараметрической селективной многоэлементной сборки. Приведена структура технологического процесса в виде многомерной системы с последовательно расположенными этапами. Показано, что для достижения заданной точности выходного параметра изделия необходимо учитывать взаимосвязь этапов, а комплексное управление технологическим процессом осуществлять информационно-управляющей системой (ИУС). Разработаны структурные схемы ИУС отдельной единицы основного технологического оборудования, применяемого при изготовлении элементов, а также сборочного процесса в целом. Приведено описание функционального назначения каждого из блоков системы и ее характеристик.

Annotation. The process of single-parameter selective multi-element assembly is considered. The structure of the technological process in the form of a multidimensional system with sequentially arranged stages is given. It is shown that in order to achieve a given accuracy of the output parameter of the product it is necessary to take into account the interrelation of the stages, and the complex control of the technological process is carried out by the information and control system (ICS). Structural schemes of the ICS of a separate unit of the main technological equipment used in the manufacture of elements, as well as the assembly process as a whole are developed. The functional purpose of each of the system's units and its characteristics are described.

Ключевые слова. Селективная сборка, информационно-управляющая система, структура.

Keywords. Selective assembly, information and control system, structure.

Филипович Олег Викторович, канд. техн. наук, доц., доцент, ophisl@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Filipovich Oleg Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of Instrumentation and Transport, ophisl@yandex.ru, Russia, Sevastopol State University

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ОБМЕНОМ ДАННЫХ МЕЖДУ МОРСКИМИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ ПО ОПТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ**

Крамарь О.А., Димин М.Э., Тихонов Г.О.

**USE OF ORTHOGONAL SEQUENCES TO ENSURE SECURE DATA TRANSMISSION OVER OPTICAL
COMMUNICATION CHANNEL**

Kramar O.A., Dimin M.E., Tikhonov G.O.

Аннотация. В настоящее время для исследования и освоения Мирового океана используют подводные робототехнические комплексы, например, осмотравого класса оснащённые оптическими передатчиками и приёмниками для высокоскоростного обмена данными на небольшие расстояния. В ходе выполнения подводных операций в бортовой памяти подводного аппарата может быть скоплен большой объём полезной информации, которая может быть быстро передана беспроводным путём без непосредственного изъятия физического носителя данных, что повышает общую эффективность выполнения операции. Вместе с тем, данные в процессе передачи могут быть перехвачены сторонним устройством, не имеющим отношения к миссии. Для устранения подобных рисков, предлагается шифрование информации с помощью ортогональных последовательностей данных. Выполнено моделирование алгоритма шифрования цифрового пакета информации, передаваемой оптическим методом, а также исследованы характеристики качества передачи.

Abstract. Today, underwater robotic systems, such as inspection-class robotic systems equipped with optical transmitters and receivers for high-speed data exchange over short distances, are used to explore and develop the world's oceans. During underwater operations, a large amount of useful information can be accumulated in the onboard memory of the underwater vehicle. This information can be rapidly transferred wirelessly without directly removing the physical storage medium, thus increasing the overall efficiency of the operation. However, the data during transmission may be intercepted by a third-party device unrelated to the mission. To eliminate such risks, information encryption using orthogonal data sequences is proposed. In this paper, the algorithm for encrypting a digital packet of information transmitted by optical method is modelled and the characteristics of transmission quality are investigated.

Ключевые слова. Оптический канал связи, проектирование, ортогональные коды, информационная безопасность.

Keywords. Optical communication channel, design, orthogonal codes, information security.

Крамарь Олег Александрович, научный сотрудник, rolets@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Димин Максим Эдуардович, лаборант-исследователь, dimin.maksim@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Тихонов Георгий Олегович, лаборант-исследователь, ygorgik18@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Kramar Oleg Alexandrovich, research officer, rolets@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Dimin Maksim Eduardovich, research laboratory technician, dimin.maksim@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Tikhonov Georgii Olegovich, research laboratory technician, ygorgik18@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ДИАГНОСТИКИ ИЗНОСА ПОДШИПНИКОВ

Мирзоян Н.Ю., Заморёнов М.В., Заморёнов И.М.

STOCHASTIC MODEL FOR EVALUATING THE RELIABILITY OF AN ELECTRIC MOTOR, TAKING INTO ACCOUNT THE DIAGNOSIS OF BEARING WEAR

Mirzoyan N.Y., Zamoryonov M.V., Zamoryonov I.M.

Аннотация. В статье строится аналитическая модель оценки надежности промышленного электродвигателя с учетом диагностики износа подшипников. При построении модели используется аппарат полумарковских процессов и, разработанный авторами, метод траекторий. В качестве основного результата моделирования выбрано время безотказной работы системы. Для подтверждения правильности построения модели проводится сравнения математического ожидания времени пребывания системы в подмножестве работоспособных состояний со средним стационарным временем пребывания полумарковского процесса в подмножестве состояний.

Abstract. The article builds an analytical model for assessing the reliability of an industrial electric motor, taking into account the diagnosis of bearing wear. When constructing the model, the apparatus of semi-Markov processes and the trajectory method developed by the authors are used. The system uptime is selected as the main result of the simulation. To confirm the correctness of the model construction, the mathematical expectation of the system's residence time in a subset of functional states is compared with the average stationary residence time of a semi-Markov process in a subset of states.

Ключевые слова. Полумарковская модель, электродвигатель, диагностика, безотказная работа, метод траекторий.

Keywords. Semi-Markov model, electric motor, diagnostics, trouble-free operation, trajectory method.

Мирзоян Наталия Юрьевна, ассистент, nataly2997@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Заморёнов Михаил Вадимович, канд. техн. наук, доцент, zamoryonoff@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Заморёнов Илья Михайлович, ассистент, imzamoryonov@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Mirzoyan Natalia Yurievna, assistant, nataly2997@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Zamoryonov Mikhail Vadimovich, candidate of technical sciences, associate professor, zamoryonoff@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Zamoryonov Ilya Mikhailovich, assistant, imzamoryonov@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МАСШТАБНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ

Моисеев Д.В., Севрюков И.Т., Ильин В.В., Козлов В.В.

LARGE-SCALE EFFECTS IN MODELING NONEQUILIBRIUM PROCESSES

Moiseev D.V., Sevryukov I.T., Ilyin V.V., Kozlov V.V.

Аннотация. В статье рассматривается проблема моделирования сложных процессов, развивающихся в твердых телах при ударном нагружении, процессов деформации и разрушения цилиндрических объектов, проблема имеет фундаментальное значение, так как пространственные масштабы многих явлений и процессов, представляющих интерес, несопоставимы с масштабами технически возможных лабораторных исследований. Анализируются критерии подобия и особенности кинетики масштабных фазовых переходов.

Annotation. The article considers the problem of modeling complex processes developing in solids under shock loading, deformation and destruction of cylindrical objects, which is of fundamental importance, since the spatial scales of many phenomena and processes of interest are incomparable with the scales of technically possible laboratory studies. Similarity criteria and features of the kinetics of large-scale phase transitions are analyzed.

Ключевые слова. Фазовые переходы, детонация, взрывное разрушение, критерии подобия, диссипативная структура.

Keywords. Phase transitions, detonation, explosive destruction, similarity criteria, dissipative structure.

Моисеев Дмитрий Владимирович, д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой, dvmoiseev@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Севрюков Игорь Тихонович, д-р. техн. наук, проф., старший научный сотрудник, agshokin@mail.sevsu.ru, Россия, Балашиха, ФГКВОУ ВО «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого»

Ильин Вадим Владимирович, д-р. техн. наук, профессор, Россия, Пермь, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Козлов Вячеслав Владимирович, д-р. техн. наук, проф., профессор, vkozlov@mail.ru, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Moiseev Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, head of department, dvmoiseev@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Sevryukov Igor Tikhonovich, doctor of technical sciences, professor, senior researcher, agshokin@mail.sevsu.ru, Russia, Balashikha, The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great

Ilyin Vadim Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, Russia, Perm, Perm State University

Kozlov Vyacheslav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, professor, vkozlov@mail.ru, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

ЗАМЕНА КОСОСИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ

Бохонский А.И., Варминская Н.И., Майстришин М.М.

REPLACING THE OBLIQUE-SYMMETRICAL CONTROL FUNCTION WITH AN EQUIVALENT ANALYTICAL

Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Maystrishin M.M.

Аннотация. С целью упрощения практической реализации реверсионно конструируемого оптимального управления (переносного ускорения) предложена эквивалентная по энергоемкости замена другой аналитической функцией. Используются наиболее простые условия: равенство скоростей в середине интервала движения объекта и равенство перемещения к концу оптимального движения. Такая замена одного типа управления другими обеспечит достижение цели движения с сохранением прежней энергоемкости.

Annotation. In order to simplify the practical implementation of the reversible design of optimal control (transferable acceleration), an energy-intensive replacement with another analytical function is proposed. Using the simplest conditions: equality of speeds in the middle of the interval of movement of the object and equality of movement towards the end of the optimal movement. This replacement of one type of control with others provides the goals of movement.

Ключевые слова. Кососимметричное управление (ускорение), энергоемкость управления, эквивалентная замена управления, достижение цели движения, тенденция снижения энергоемкости.

Keywords. Skew-symmetric control (acceleration), energy intensity of control, equivalent replacement of control, achieving the goal of movement, tendency to reduce energy intensity.

Бохонский Александр Иванович, д-р. техн. наук, проф., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Варминская Наталья Ивановна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, nvarminska@gmail.com, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище ордена Красной звезды П. С. Нахимова

Майстришин Михаил Михайлович, канд. техн. наук, доц., директор колледжа, mihaail.maystrishin@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Bokhonsky Alexander Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Varminskaya Natalia Ivanovna, candidate of technical sciences, associate professor, head of department, nvarminska@gmail.com, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

Maystrishin Mikhail Mikhaylovich, candidate of technical sciences, associate professor, college director, mihaail.maystrishin@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Крамарь В.А., Ермаков И.А.

DESIGNING AN UNDERWATER ROBOTIC COMPLEX USING A MODEL-ORIENTED APPROACH

Kramar V.A., Ermakov I.A.

Аннотация. Подводные роботизированные комплексы являются наиболее перспективными для решения задач сканирования дна и поиска подводных объектов. Одной из проблем применения таких комплексов является высокий процент их потерь. Это происходит ввиду того, что с комплексом в процессе выполнения миссии нет практически никакой связи, а его поведение не всегда предсказуемо. Чтобы повысить предсказуемость поведения комплекса при выполнении миссии в процессе проектирования следует прибегать к его математическому моделированию, учитывая среду и внутреннюю аппаратуру устройства. Наиболее развитым методом проектирования с использованием математической модели является модельно-ориентированное проектирование, так как модель в данном подходе является основной сущностью. В данной статье рассмотрен процесс модельно-ориентированного проектирования морского роботизированного комплекса, предназначенного для выполнения миссии картографирования и поиска объекта на морском дне.

Annotation. Underwater robotic complexes are the most promising for tasks involving seabed scanning and underwater object search. The most commonly used systems for these tasks are autonomous unmanned underwater vehicles (AUVs). One of the major issues with the deployment of such vehicles is their high loss rate. This occurs because there is virtually no communication with the vehicle during mission execution, and their behavior is not always predictable. To improve system predictability during missions, mathematical modeling of the vehicles should be employed during the design process, taking into account both the environment and the internal equipment of the device. The most advanced design method using mathematical modeling is model-oriented design, as the model in this approach is the primary entity. This paper examines the process of model-based design for an autonomous unmanned underwater vehicle aimed at performing seabed mapping and object search missions. The design process utilizes tools such as Simulink, MATLAB, and CAD software.

Ключевые слова. Подводный роботизированный комплекс, проектирование, математическая модель, автономные подводные аппараты.

Keywords. Underwater robotic complexes, underwater vehicle design, model-oriented design, autonomous underwater vehicle.

Крамарь Вадим Александрович, д-р. техн. наук, профессор, kramarv@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Ермаков Игорь Александрович, ermakovigorrov@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Kramar Vadim Alexandrovich, doctor of technical sciences, professor, kramarv@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Ermakov Igor Alexandrovich, ermakovigorrov@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ПО ДАННЫМ С ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА МОРСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Токарев Д.А., Кудряшов А.В., Васильев Д.М., Тихонов Г.О.

CONSTRUCTING A MAP BASED ON DATA FROM A SIDE-SCAN SONAR OF A MARINE ROBOTIC COMPLEX

Tokarev D.A., Kudryashov A.V., Vasiliev D.M., Tihonov G.O.

Аннотация. В статье описывается методология построения карты дна по данным с гидролокатора бокового обзора. Описаны и проанализированы преимущества и недостатки существующих методов обработки данных с гидролокатора бокового обзора (ГБО). Основное внимание сосредоточено на разработке программного обеспечения и алгоритмов. Приведён пример применения разновидности алгоритма “Slam” для решения поставленной задачи. Предоставлены результаты, полученные путём обработки тестовых данных. Описанный в статье подход обладает большей гибкостью и свободой при планировании маршрута сканирования при помощи гидролокатора бокового обзора. Приведённый метод может быть использован для решения ряда научных и административных задач. Полученные результаты были использованы для построения карты дна поверх существующей карты. Для разработки использован Python. Тестовые данные получены при помощи морского роботизированного комплекса ММТ-300.

Annotation. The article describes the methodology for constructing a bottom map based on side-scan sonar data. The advantages and disadvantages of existing methods for processing side-scan sonar data are described and analyzed. The main attention is focused on the development of software and algorithms. An example of using a variation of the “Slam” algorithm to solve the problem is given. The results obtained by processing test data are provided. The approach described in the article has greater flexibility and freedom in planning a scanning route using a side-scan sonar. The presented method can be used to solve a number of scientific and administrative problems. The obtained results were used to construct a bottom map over the existing map. Python was used for development. Test data was obtained using the MMT-300 marine robotic complex.

Ключевые слова. Slam, гидролокатор бокового обзора (ГБО), обработка экспериментальных данных; Python, обработка данных, морской роботизированный комплекс.

Keywords. Slam, side-scan sonar (SSS), experimental data processing; Python, data processing, marine robotic complex.

Токарев Денис Александрович, канд. техн. наук, Tdanis@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Кудряшов Арсений Валерьевич, monsterkakes@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Васильев Денис Михайлович, den.vas.84@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Тихонов Георгий Олегович, ygorgik18@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Tokarev Denis Alexandrovich, candidate of technical sciences, Tdanis@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kudryashov Arseniy Valerievich, monsterkakes@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Vasilev Denis Mikhailovich, den.vas.84@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Tikhonov Georgy Olegovich, ygorgik18@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МЕТОД КОРРЕКЦИИ ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ ДАТЧИКОВ ПО ВИЗУАЛЬНЫМ ДАННЫМ В ЗАДАЧЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КАРЕТКИ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Ляшко А.Д., Дементьев К.В.

THE METHOD FOR TIME OF-FLIGHT SENSOR CORRECTION BASED ON VISUAL DATA IN THE CARRIAGE POSITIONING PROBLEM WITH TWO DEGREES OF FREEDOM

Liashko A.D., Dementiev K.V.

Аннотация. В статье рассматривается метод коррекции показаний времяпролетных датчиков, используемых для точного позиционирования каретки с двумя степенями свободы. Предложен алгоритм полиномиальной коррекции с фильтрацией Калмана, основанный на визуальном референсе, который позволяет значительно повысить точность позиционирования. Метод основан на сравнении текущего положения каретки с заранее заданным визуальным референсом и последующей корректировке показаний датчиков для минимизации ошибки позиционирования. Статья представляет интерес для исследователей и инженеров, занимающихся разработкой систем позиционирования с высокой точностью. Экспериментальная часть проводилась в научно-исследовательской лаборатории СевГУ. Полученные результаты подтвердили работоспособность алгоритма.

Annotation. The article considers a method for time-of-flight sensor readings correction used for precise two degree of freedom carriage positioning. A polynomial correction with Kalman filtration algorithm based on a visual reference is proposed, which allows to significantly improve the positioning accuracy. The method is based on the comparison of the current carriage position with a predetermined visual reference and the subsequent sensor readings correction to minimize the positioning error. The article presents interest for researchers and engineers dealing with the high-accuracy positioning systems development. The experimental stage was carried out in the SevSU research laboratory. The obtained results confirmed the algorithm operability.

Ключевые слова. Времяпролетные датчики, визуальное позиционирование, системы управления, коррекция ошибки, оценка положения.

Keywords. Time-of-flight sensors, visual positioning, control systems, error correction, position estimation.

Ляшко Александр Дмитриевич, ассистент, lyasko.sasha@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Дементьев Кирилл Валерьевич, ассистент, mash.saigon.89@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Liashko Aleksandr Dmitrievich, assistant, lyasko.sasha@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Dementiev Kirill Valerievich, assistant, mash.saigon.89@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

РЫЧАЖНЫЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ДВУМЯ РЕГУЛИРУЕМЫМИ СОПЛАМИ

Васютенко А.П., Балакина Н.А.

LEVER PNEUMATIC TRANSDUCER WITH TWO ADJUSTABLE NOZZLES

Vasyutenko A.P., Balakina N.A.

Аннотация. Дана общая характеристика, указана область применения и описан принцип действия пневматических преобразователей для контроля геометрических параметров деталей в машино- приборостроении. Приведена схема и описание принципа работы пневматической контактной головки с измерительным рычагом и двумя регулируемыми соплами, сформулирована цель работы – повышение чувствительности и диапазона измерения пневматических преобразователей. Приведен вывод уравнения статической характеристики, описывающей зависимость измерительного давления воздуха от зазора между измерительным соплом и заслонкой.

Annotation. The general characteristic is given, the field of application is specified and the principle of operation of pneumatic transducers for control of geometrical parameters of parts in machine and instrument engineering is described. The scheme and description of the principle of operation of pneumatic contact head with a measuring arm and two adjustable nozzles are given, the aim of the work is formulated - to increase the sensitivity and measuring range of pneumatic transducers. The conclusion of the equation of the static characteristic describing the dependence of the measuring air pressure on the gap between the measuring nozzle and the flap is given.

Ключевые слова. Пневматика, преобразователь, чувствительность, измерение, диапазон измерения, моделирование.

Keywords. Pneumatics, transducer, sensitivity, measurement, measurement range, modeling.

Васютенко Александр Павлович, канд. техн. наук, доц., доцент, APVasutenko@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Балакина Наталья Анатольевна, старший преподаватель, ANBalakina@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Vasyutenko Alexander Pavlovich, candidate of technical sciences, associate professor, APVasutenko@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakina Natalia Anatolievna, senior lecturer, ANBalakina@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University